

8. 作山古墳墳丘のレーザー計測

(1) 計測の経過

造山古墳のデジタル測量が終了しつつあった段階で、造山古墳は前方部の改変が大きいと、作山古墳と比較することで、より広範な前方後円墳の設計原理の解明が進められるのではないかと考えた。そこで作山古墳のデジタル測量の可能性を探ることとなったが、地元の諸般の事情から、造山古墳のようなデジタル測量をすぐに実施することは困難な状況にあった。

その後、2010年6月になって、橿原考古学研究所がアジア航測株式会社とともに、大阪府堺市百舌鳥御廟山古墳のレーザー計測を実施したことが報じられた（西藤清秀・藤井紀綱2010「新時代を迎えた大型古墳測量」『日本文化財科学会第27回大会』）。その際に公表されていた測量図は、造山古墳のデジタル測量を実施した経験に照らすと、必ずしも満足のいく内容とは思えないところがあったが、今後の可能性を考え、とりあえず作山古墳でもレーザー計測を実施し、将来実施予定の本格的なデジタル測量と比較して検証を行おうと考えた。

そこで、アジア航測株式会社に依頼し、2011年2月16日にヘリコプターによるレーザー計測を実施することになった。総社市教育委員会は毎年冬に下草を刈っており、墳丘の表面には草の少ない好条件の時期であった。墳丘にはさまざまな樹木が茂っているが、上空から見ると隙間は存在しており、一定の成果が得られるものと予想された。

レーザー計測の原理は、ヘリコプターに搭載したスキャン式レーザー測距機から地表面にレーザーを照射し、反射の時間を計測して距離を求めるというものである。その際に、GPS を利用し照射方向を高精度で把握できるということであり、そのまま国土座標などに換算できるデータが得られるという大きな利点がある。我々が入手したデータは、各計測ポイントについて「-51785.94 -148184.93 14.29」というような形で国土座標の XYZ が記された ASCII テキストファイルであり、1 ポイントが1行で、それが10,961,168行に及ぶものであった。計測ポイントは、概算で1㎡あたり60点程度であると思われる。なお、ファイルのサイズは342MB であり、通常のワードプロセッサなどでは処理が難しいが、エディタを使用すれば十分に扱うことができるものである。

なお、レーザー計測後に作山古墳の周辺部においていくつかの基準点を設け、地上で高精度のGPS を用いて座標を計測し、航空レーザー計測の結果と照らし合わせて補正を行った。その結果は全体に標高で7cmの違いであり、航空レーザー計測の信頼性がかなり高いことを印象付けるものであった。



図8.1 作山古墳の全景（東から。右が後円部）

(2) 墳丘表面の抽出

計測されたデータは樹木などもそのままの形で記録されたものである。図8.2は高さをやや強調する形ですべての計測点を側面からプロットしており、墳丘の背後の点もすべて透過するような形で表現されている。

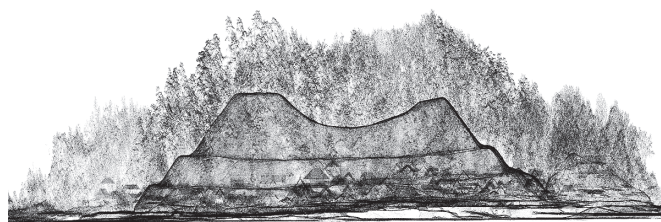


図8.2 計測点の側面からのプロット図

このようにみると、樹木などが少なくないとはいえ、墳丘の輪郭はかなり明瞭に識別可能であり、適切な方法を用いれば樹木を自動的に除去できるのではないかと考えた。どのような方法が利用可能であるかを検討していたところ、庄政典が1m四方のなかで標高がもっとも低い点を選別するという方法で、墳丘面を比較的良好に識別できることに気付いた（本書庄論文参照）。しかし、1m四方ではやや粗いと思われたことから、50cm四方での最低標高点を選別する方法を採用した。50cmということになると、粗さは回避できるが、その範囲内がすべて樹木であり墳丘面を含まない可能性も高まってくる。そこで、近接するポイントの間に標高で45度以上の落差がある場合には高いほうのポイントを除くという方法を取った。元々の墳丘の傾斜が45度を超えることはないので、その場合は高いポイントは樹木などを表しているということになるからである。しかし、この方法では墳丘の一部に崖状の段差が生じている場合に、崖の上が墳丘面であってもその部分が除外されてしまうという弊害がある。また、住宅のような場合は、その形が変形されてしまうことになる。そうした問題もあるが、結果としてこの方法によって比較的良好に墳丘面を捉えることができると判断し、処理を進めることにした。なお、こうした処理はすべてプログラミング言語の Python を用い、簡単なプログラムを組むことによって実行した。Python はスクリプト言語で処理が容易であり、しかも Python Imaging Library (PIL) と組み合わせることによって結果を自由に画像ファイルに出力できるという利点をもっている。

以上のような方法によって、樹木のほとんどを除去することができたが、最終的に取りきれない点が残った。墳丘上に尖塔状のノイズとなった。これらの点については、今回は人力で除去するという方法を取ったが、それはせいぜい20点程度であった。このようにして墳丘を中心とする部分で294,823ポイントを選別し、続いてそこから近接点を結ぶ三角形を発生させる方法（TIN）を用いて、墳丘面を生成させることにした。これには、地理情報システムソフトウェアである IDRISI を用いた。TIN によって生成された仮想墳丘面から、続いてメッシュ状の標高データ（DEM）を生成させ、そこから等高線や鳥瞰図などを作成していくことになる。

(3) 墳形の検討

図8.3は、以上のような方法を用いて発生させた等高線による作山古墳の測量図である。等高線の間隔は自由に変えて描くことができるが、ここでは25cmとした。図8.4右は50cm等高線で描かれている。なお、もとの画像は100mを1000ピクセルとして描いている。後円部がやや縦長であることや、前方部前面の一段目にあたかも削り残したかのような部分がみられるなどのイレギュラーなどがあるが、前方部のプロポーションなどはたいへんに美しく構築されていることがわかるであろう。

作山古墳の測量図は、これまで『岡山県史 考古資料編』（1986）や『総社市史 考古資料編』（1987）に掲載された、航空測量によるものが使用されてきた（図8.4左）。航空測量は、樹木などが茂る墳丘の写真を、ステレオ視の原理で立体視し等高線を描く手法であり、樹木に隠れる部分は不正確であ

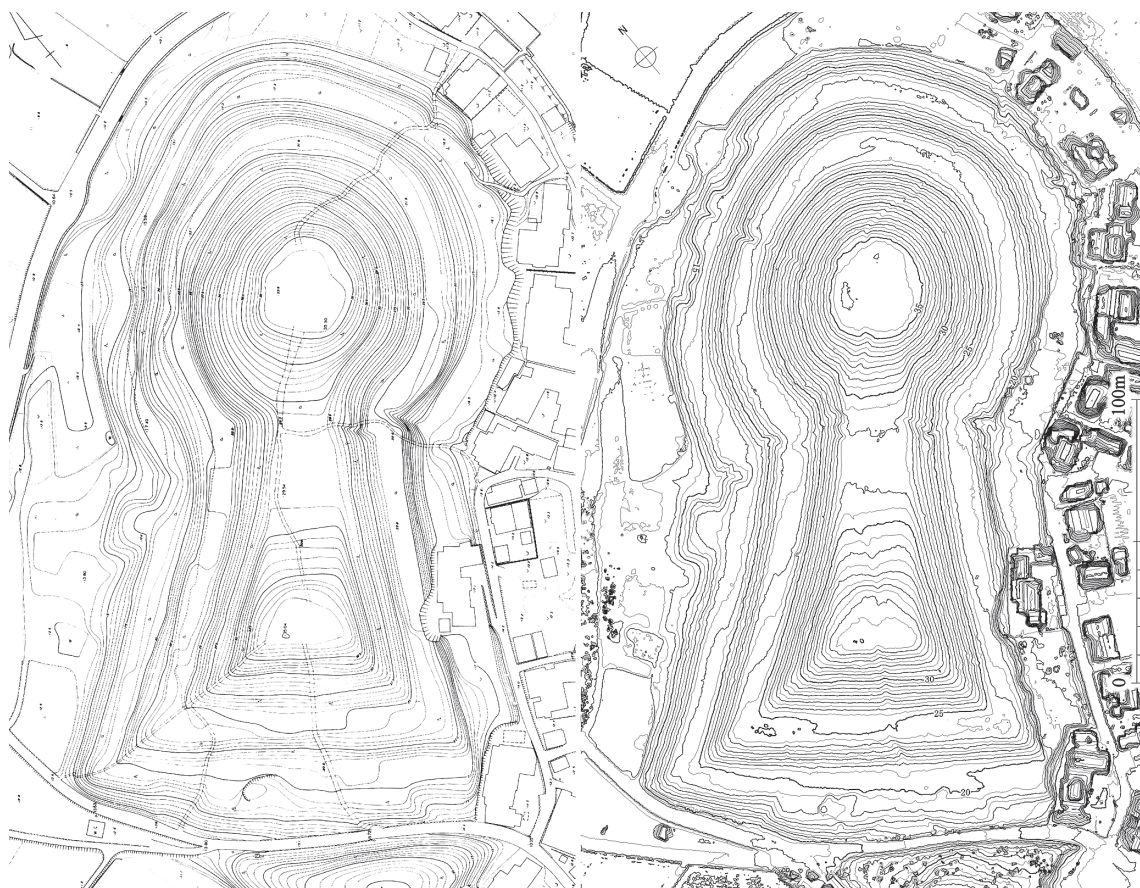


図 8.4 新旧測量図の比較（左は『総社市史 考古資料編』1987による）

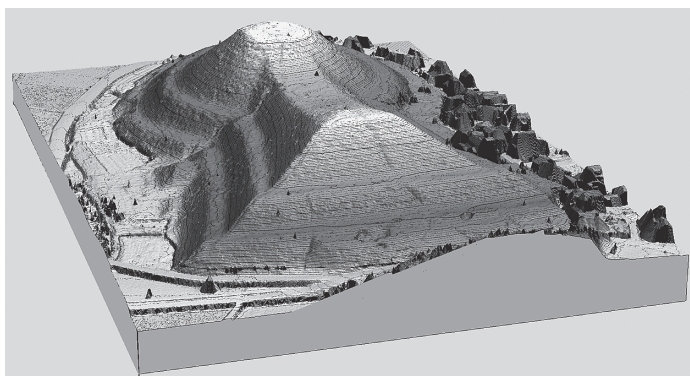


図 8.5 作山古墳墳丘鳥瞰図

る可能性が大きいものであった。今回のレーザー測量によって、後円部の北側や西側をはじめとして、かなり大きな違いがあることが明らかになった。全体としてみると、旧測量図からイメージした作山古墳の墳丘よりも今回の測量図によるものが、かなり整った墳丘として捉えられるのではないと思う。

続いて、作山古墳の墳形を立体表示することによって検討してみるこ

とにした。図 8.5 は地理情報システムソフトウェアである GRASS の nviz モジュールを使用して鳥瞰図として表示したものである。GRASS はフリーのソフトウェアであるが、自由な角度から見ることができ、部分を拡大することも可能で、墳形を観察するのにきわめて便利なものである。表面には、標高によって色を変えた画像に 25cm 等高線図を重ねたものを重ねている。

墳丘表面の抽出の過程で、庄政典によって作山古墳に周濠が存在する可能性が指摘された。そこで、先に作成したデジタルデータをもとに、岡山大学考古学研究室で開発した GISMAP というプログラムを用いて断面の検討を行ってみることにした。このプログラムは、任意の場所の断面を自動的に描

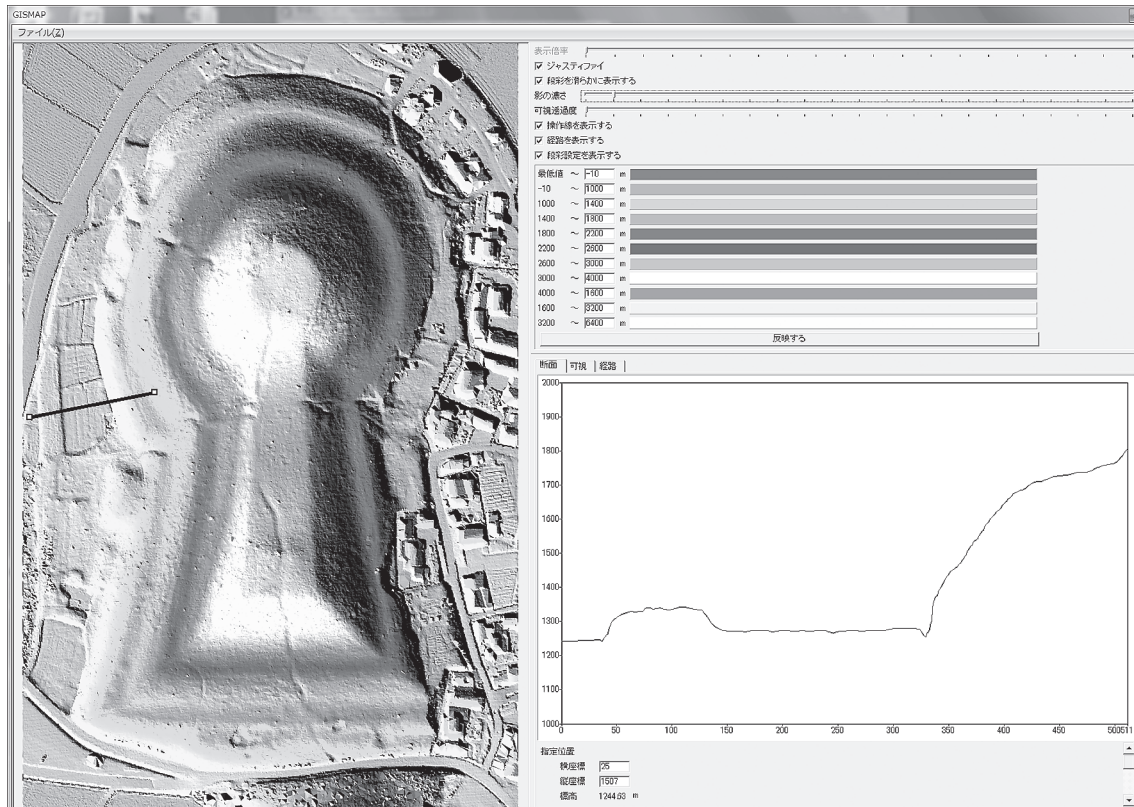


図 8.6 墳丘外周構造の検討

く機能を備えており、さらに断面の位置のラインをドラッグすることにより断面図が連動して変化するという特徴をもっている。図 8.6 は、周堤状の地形が最もよく残っているくびれ部の西側（図の左）の断面を表示してみたもので、平面図のなかに太線で示した部分の断面が右下に描かれている。X 軸は100で10mを表し、Y 軸は標高でcmを単位としている。

この図によると、墳端に近い部分はやや削られて側溝状の溝が掘られているが、そこから15mあまり外側で70～80cmほどの高さの周堤状の部分があり、周堤状の部分の幅は 8 mほどで、外側の畑との標高差は約 1 mである。この周堤状の部分の外側のラインは比較的長く続いており、後円部の北側では現在の道路によって失われているが後円部の北東側（図の右上）では、いわゆる「作山段」の外側のラインと一致する。そのように考えると、「作山段」も周堤を一部削平し周濠を埋めたことによって形成されたものであるとみることも可能であろう。

一方、くびれ部の東側（図の右）で、以前に埴輪列が検出されており（平井典子「作山古墳現状変更に伴う立会調査」『総社市埋蔵文化財調査年報』13、2004年）、これを墳端の埴輪列とみなすことから周濠の存在に否定的な声もあるが、墳端の位置として適切であるか否かを平面的位置や標高に照らして慎重に検討する必要があると思われる。